

## **STATIC MICROMIXER**

**Patent number:** WO9716239

**Publication date:** 1997-05-09

**Inventor:** SCHUBERT KLAUS (DE); BIER WILHELM (DE);  
HERRMANN ERHARD (DE); MENZEL THOMAS (DE);  
LINDER GERD (DE)

**Applicant:** KARLSRUHE FORSCHZENT (DE); BAYER AG (DE); SCHUBERT KLAUS (DE); BIER WILHELM (DE); HERRMANN ERHARD (DE); MENZEL THOMAS (DE); LINDER GERD (DE)

**Classification:**

- International: B01F5/02; B01F5/06; B01J19/24

- european: B01F5/02C; B01F5/06B3C4; B01F13/00M; B01J19/00R;  
B01L3/00C6M

**Application number:** WO1996EP03162 19960718

**Priority number(s):** DE19951040292 19951028

**Also published as:**

二零一零年九月

EP0857080 (A1)  
US6082891 (A1)  
EP0857080 (B1)  
DE19540292 (C1)  
CN1200682 (C)

### Cited documents:

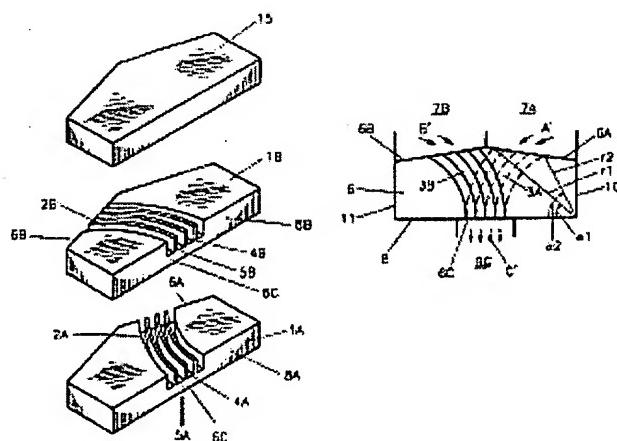
 WO9530476  
 WO9421372  
 WO9116970  
 GB2073604  
 JP57071627

BEST AVAILABLE COPY

[Report a data error here](#)

## Abstract of WO9716239

Disclosed is a static micromixer with a mixing chamber and a duct component upstream of the former for separate feeding to the mixing chamber of the fluids to be mixed or dispersed. The aim of the invention is to design the duct component in a static mixer of this generic type in such a way as to improve the efficiency of the mixing process in the mixing chamber. The invention is characterised by the following features: a) the wafer-like elements A and B for the duct component each consist of thin films with a thickness of 10-1000 microns, preferably < 250 microns, the lateral dimension being of the order of millimetres, a family of adjacent grooves being formed in each wafer-like element such that when the foils are superposed one on top of the other a separate series of channels is formed for feeding the fluids A' and B' to be mixed; b) the grooves have depths of less than 1000 microns, preferably less than 250 microns, widths of between 1 micron and the millimetre range but preferably less than 1000 microns, the wall thicknesses of the intermediate ridges and groove floors being less than 1000 microns and preferably less than 250 microns; c) each family of grooves in the stacked films follows an arc and lead alternately from the mixing chamber to a feed chamber for the fluid A' or B' in such a way that all families of grooves in the films are aligned parallel to one another and discharge into the mixing chamber.



**PCT**

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationales Büro


**INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)**

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :  B01F 5/02, 5/06, B01J 19/24		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 97/16239</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 9. Mai 1997 (09.05.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP96/03162		(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 18. Juli 1996 (18.07.96)		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
(30) Prioritätsdaten: 195 40 292.8 28. Oktober 1995 (28.10.95) DE			
(71) Anmelder ( <i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i> ): FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH [DE/DE]; Weberstrasse 5, D-76133 Karlsruhe (DE). BAYER AG [DE/DE]; D-51368 Leverkusen (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder ( <i>nur für US</i> ): SCHUBERT, Klaus [DE/DE]; Geigersbergstrasse 54, D-76227 Karlsruhe (DE). BIER, Wilhelm [DE/DE]; Grabener Weg 10, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE). HERRMANN, Erhard [DE/DE]; Felix-von-Roll-Strasse 11, D-51375 Leverkusen (DE). MENZEL, Thomas [DE/DE]; Richrather Strasse 248, D-40723 Hilden (DE). LINDER, Gerd [DE/DE]; Stephan-Lochner-Weg 2, D-76149 Karlsruhe (DE).			
(74) Anwalt: RÜCKERT, Friedrich; Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Stabsabteilung Patente und Lizizenzen, Weberstrasse 5, D-76133 Karlsruhe (DE).			

(54) Title: STATIC MICROMIXER

(54) Bezeichnung: STATISCHER MIKROVERMISCHER

(57) Abstract

Disclosed is a static micromixer with a mixing chamber and a duct component upstream of the former for separate feeding to the mixing chamber of the fluids to be mixed or dispersed. The aim of the invention is to design the duct component in a static mixer of this generic type in such a way as to improve the efficiency of the mixing process in the mixing chamber. The invention is characterised by the following features: a) the wafer-like elements A and B for the duct component each consist of thin films with a thickness of 10-1000 microns, preferably < 250 microns, the lateral dimension being of the order of millimetres, a family of adjacent grooves being formed in each wafer-like element such that when the foils are superposed one on top of the other a separate series of channels is formed for feeding the fluids A' and B' to be mixed; b) the grooves have depths of less than 1000 microns, preferably less than 250 microns, widths of between 1 micron and the millimetre range but preferably less than 1000 microns, the wall thicknesses of the intermediate ridges and groove floors being less than 1000 microns and preferably less than 250 microns; c) each family of grooves in the stacked films follows an arc and lead alternately from the mixing chamber to a feed chamber for the fluid A' or B' in such a way that all families of grooves in the films are aligned parallel to one another and discharge into the mixing chamber.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen statischen Mikrovermischer mit einer Mischkammer und einem vorgeschalteten Führungsbauteil für die getrennte Zufuhr von zu mischenden oder zu dispergierenden Fluide zu der Mischkammer. Die Erfindung hat zur Aufgabe, bei einem statischen Vermischer der gattungsgemäßen Bauart das Führungsbauteil für die getrennte Zufuhr der zu mischenden Fluide zur Mischkammer so zu gestalten, daß eine erhöhte örtliche und zeitliche Effektivität der Vermischung in der Mischkammer erzielt wird. Die Erfindung ist durch die folgenden Merkmale gekennzeichnet: a) die plattenartigen Elemente A und B für das Führungsbauteil bestehen jeweils aus dünnen Folien mit einer Dicke von 10 bis 1000 µm, vorzugsweise < 250 µm, bei einer lateralen Ausdehnung im Millimeterbereich, in die je eine Schar benachbarter Nuten eingearbeitet ist, so daß beim Übereinanderschichten der Folien je eine Reihe von Kanälen für die Führung der zu mischenden Fluide A' und B' entsteht; b) die Nuten haben Tiefen von < 1000 µm, vorzugsweise < 250 µm, Breiten von 1 µm bis in den Millimeterbereich, vorzugsweise jedoch < 1000 µm, bei Wanddicken der Zwischenstegs und Nutböden von < 1000 µm, vorzugsweise < 250 µm; c) die jeweiligen Scharen von Nuten in den übereinandergeschichteten Folien verlaufen jeweils bogenförmig gekrümmt und abwechselnd von der Mischkammer zu je einer Zufuhrkammer für das Fluid A' bzw. B' in der Weise, daß alle Scharen von Nuten der Folien parallel zueinander ausgerichtet in die Mischkammer ausmünden.

### ***LEDIGLICH ZUR INFORMATION***

**Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.**

AM	Amenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
Gr.	Gebiete	TM	Transkaukasien		

- 1 -

Statischer Mikrovermischer

Die Erfindung betrifft einen statischen Mikrovermischer mit einer Mischkammer und einem vorgeschalteten Führungsbauteil für die getrennte Zufuhr von zu mischenden oder zu dispergiierenden Fluiden zu der Mischkammer gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Aus der WO91/16970 A1 (PCT/CH91/00109 v. 14.11.1991) ist eine Mischeranordnung in einer Kolonne mit Misch-, Katalysator- bzw. Kanalelementen bekannt, die in Schichten oder Lagen angeordnet sein können. Benachbarte Elemente innerhalb einer Lage oder Schicht sind gegeneinander zur Hauptströmungsrichtung geneigt angeordnet. Hierzu können die Elemente die Form eines schiefen Prismas haben, das von im Querschnitt quadratischen, gerade und parallel zueinander verlaufenden Kanälen durchzogen ist und das durch Zusammenfügen strukturierter Platten gefertigt werden kann. Bei einer so getroffenen Anordnung wird ein gleichmäßiger Strömungswiderstand bezüglich der zu mischenden Fluide erzielt, die Mischungseffektivität fällt jedoch vom Zentrum zu den Randzonen hin des als Mischkammer dienenden Kolonnenraumes am abströmseitigen Ende der Elemente stark ab.

Aus der DE 31 14 195 C2 ist eine gattungsgemäße Mischvorrichtung zur Vermischung strömender Medien mit mindestens zwei Einlaßkanälen, mit einem sich an diese anschließenden Kanalkörper sowie mit einem an die gemeinsame Auslaßseite des Kanalkörpers angeschlossenen Auslaßkanal bekannt. Der von Einzelkanälen durchzogene Kanalkörper, der zur getrennten Zufuhr der zu mischenden Medien zum Auslaßkanal dient, ist aus aufeinander aufgeschichteten Einzelwell-Einheiten aufgebaut, die aus je einer Trennwand und einem Wellbogen bestehen. Die Einzelkanäle jeder Einheit werden von den Wellungen des Wellbogens und der zugehörigen Trennwand gebildet. Die Einheiten sind so aufeinander geschichtet, daß die Einzelkanäle benachbarter Einheiten vorbestimmte Winkel zueinander bilden. In einem Ausführungsbeispiel ist die Anordnung so getroffen, daß

- 2 -

der Kanalkörper gleich lange, parallele Einzelkanäle hat, wo bei die Einzelkanäle der jeweiligen Einheiten abwechselnd an je einen von zwei Einlaßkanälen angeschlossen sind, auf der Auslaßseite des Kanalkörpers mit ihren Mündungen jedoch über einander liegen. Da das jeweilige Medium nur in jeden zweiten Einzelkanal, in der Höhenerstreckung des Kanalköpers gesehen, einströmen darf, muß der Einlaß zu der jeweils dazwischenliegenden Einheit geschlossen sein (s. Spalte 6, Zeilen 26 bis 33 in Verbindung mit Fig. 7a, 7b), wodurch Totvolumina entstehen. Aber auch bei dieser Bauart ergibt sich nur im Zentrum der Auslaßseite des Kanalkörpers eine optimale Durchmischung; zu den Randzonen hin nimmt die Mischungseffektivität ab. Auch ist das Ausformen oder Anbringen der erforderlichen Einlaß-Verschlüsse aufwendig und stößt mit kleiner werdenden Kanalquerschnitten auf fertigungstechnische Schwierigkeiten.

Ausgehend von dem vorstehend erörterten Stand der Technik hat die Erfindung zur Aufgabe, bei einem statischen Vermischer der gattungsgemäßen Bauart das Führungsbauteil für die getrennte Zufuhr der zu mischenden Fluide zur Mischkammer so zu gestalten, daß eine erhöhte örtliche und zeitliche Effektivität der Vermischung in der Mischkammer erzielt wird. Darüber hinaus soll der Vermischer hinsichtlich der Kanäle in dem Führungsbau teil eine vakuumdichte und druckfeste Ausführung ermöglichen, so daß er insbesondere in der chemischen Technik eingesetzt werden kann.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst. Die hierauf bezogenen Unteransprüche beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen dieser Lösung.

Durch die bogenförmig gestalteten, parallel zueinander und zur Hauptströmungsrichtung in die Mischkammer ausmündenden Kanäle der Elemente A und B des Führungsbau teils wird über dem gesamten Ausströmquerschnitt eine gleichmäßig hohe Vermischung bei Vermeidung von Totvolumina im Führungsbau teil erzielt. Aufgrund der Mikrostrukturierung der Kanalreihen werden die zu

- 3 -

vermischenden oder zu dispergierenden Fluide in eine Vielzahl feinster benachbarter Stromfäden oder Lamellen unterteilt, die beim Eintritt in die Mischkammer sich auf schnellstem und kürzestem Wege durchmischen können oder in eine Tropfen oder Blasen bildende Dispersphase und eine die kontinuierliche Phase bildende Hüllephase zerteilt werden. Die Dichte der Kanalmündungen und damit der Stromfäden am Eintritt in die Mischkammer beträgt einige tausend Mündungen bzw. Stromfäden pro cm<sup>2</sup>.

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mikrovermischers sowie ein Verfahren zur Herstellung desselben werden im folgenden anhand der Zeichnungen erläutert.

Die Figur 1 zeigt perspektivisch und in starker Vergrößerung zwei übereinander zu schichtende, genutete Folien und eine Deckplatte;

die Figur 2 zeigt den Mikrovermischer schematisch in der Draufsicht;

die Figur 3 veranschaulicht das Herstellungsverfahren für die genuteten Folien.

Gemäß Fig. 1 bestehen die plattenförmigen, übereinanderzuschichtenden Elemente abwechselnd jeweils aus dünnen Folien 1A und 1B mit einer Dicke von 30 bis 1000 µm, vorzugsweise < 250 µm bei einer lateralen Ausdehnung im Millimeterbereich. In die Folien 1A, 1B ist je eine Schar eng benachbarter, bogenförmig gekrümmter Nuten 2A, 2B eingearbeitet, so daß beim Übereinanderschichten der Folien 1A, 1B abwechselnd je eine Reihe von Kanälen 3A und 3B entsteht (siehe Fig. 2).

Die Nuten haben Tiefen von < 1000 µm, vorzugsweise < 250 µm, Breiten von 10 µm bis in den Millimeterbereich, vorzugsweise jedoch < 500 µm, bei Wanddicken der Zwischenstege 4A, 4B und Nutböden 5A, 5B von < 1000 µm, vorzugsweise < 250 µm. Die

- 4 -

Nutenschar 2B verläuft von der linken, hinteren Stirnfläche 6B bogenförmig zum mittleren Bereich 6C der vorderen Stirnfläche 8B der Folie 1B, die Nutenschar 2A verläuft bogenförmig von der rechten, hinteren Stirnfläche 6A zum mittleren Bereich 6C der vorderen Stirnfläche 8A der Folie 1A, wobei beide Folienarten 1A und 1B den gleichen Grundriß haben. Dieser Grundriß hat die geometrische Form eines Fünfecks, gebildet aus einem Rechteck mit hieran angeschlossenem, gleichschenkeligem Dreieck, wobei eine Seite des Rechtecks die Grundseite des gleichschenkeligen Dreiecks bildet.

Schichtet man eine Vielzahl dieser Folien 1A und 1B abwechselnd und deckungsgleich übereinander, so entsteht ein Führungsbauteil 6, wie es in der Draufsicht schematisch aus Fig. 2 hervorgeht. An die beiden von den Schenkeln des Dreiecks gebildeten Flächen 6A, 6B sind die Zufuhrkammern 7A, 7B für die Fluide A', B' angeschlossen. An den mittleren Bereich 6C der gegenüberliegenden Fläche 8, in den die Kanäle 3A, 3B parallel zueinander ausgerichtet ausmünden, ist die Mischkammer 9C angeschlossen, über die die miteinander zu vermischnenden oder zu dispergierenden Fluide A', B' bzw. deren Reaktionsprodukte C' abgeführt werden.

Die Schenkelflächen 6A, 6B sind gegenüber der Fläche 8 bzw. den beiden Seitenflächen 10, 11 des Führungsbauteils 6 so geneigt, daß die vom mittleren Bereich 6C der Fläche 8, an den die Mischkammer 9C angeschlossen ist, ausgehenden, von Folie 1A zu Folie 1B abwechselnd zu der Zufuhrkammer 7A und der Zufuhrkammer 7B führenden Scharen von bogenförmigen Kanälen 3A bzw. 3B annähernd gleiche Längen aufweisen.

Bei kreisbogenförmigen Nuten bzw. Kanälen bedeutet dies, daß die Bogenlänge

$$L = \frac{2\pi r \cdot \alpha}{360^\circ} = \text{const.}$$

- 5 -

sein soll, wobei  $r$  den jeweiligen Krümmungsradius und  $\alpha$  den zugehörigen Bogenwinkel der betreffenden Nuten bzw. Kanäle bedeutet. Dies würde an sich zu gekrümmten Schenkelflächen 6A, 6B führen. In der Praxis ist es jedoch im allgemeinen ausreichend, diese gekrümmten Flächen durch eine Näherungsgerade "einzuebnen", z. B. nach der Vorschrift

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{r_1}{r_2}$$

wobei  $r_1$  den größten und  $r_2$  den kleinsten Radius und  $\alpha_1$  bzw.  $\alpha_2$  die zugehörigen Bogenwinkel zur äußersten und innersten Nut bedeuten.

Nach dem Übereinanderschichten werden die Folien 1A, 1B mit Deckplatten 15 versehen und vakuumdicht und druckfest miteinander verbunden, z. B. diffusionsverschweißt, so daß das so entstandene Führungsbauteil 6 die Gestalt eines homogenen Mikrostrukturkörpers erhält, der an die Kammern 7A, 7B und 9C angeschlossen wird.

Zur Herstellung der Folien 1A, 1B kann eine drehbare Sintermetallplatte 12 mit geschliffener Oberfläche eingesetzt werden, auf der eine Rohfolie 13 aus einem Metall wie z. B. Kupfer oder Silber mittels Unterdruck aufgespannt wird (siehe Fig. 3). In die sich drehende Rohfolie 13 werden mittels einem Formdiamanten (nicht dargestellt) in einem mittleren Bereich zwischen Drehmittelpunkt M und Peripherie der Rohfolie 13 eine Schar konzentrischer Nuten 14 eingearbeitet. Sodann wird die Rohfolie 13 in vier Einzelfolien 1A, 1B unterteilt in der Weise, daß vier mit dem mittleren Durchmesser der konzentrischen Nutenschar übereinstimmende Längsseiten 8, von deren mittlerem Bereich die kreisbogenförmige Nutenschar 14 ihren Ausgang nimmt, je zwei, also insgesamt acht Schmalseiten 10, 11 sowie je zwei Schenkelpaare 6A, 6B entstehen, wobei die Nutenschar 14 jeweils in einen der beiden Schenkel 6A bzw. 6B ausmündet. Es entstehen also aus vier Segmenten die vorerwähnten vier deckungsgleichen Fünfecke. Die Nuten haben vorzugs-

- 6 -

weise rechteckige Querschnitte. Es können auch mehrere genutzte Rohfolien übereinander geschichtet und gemeinsam in die Fünfecke zerschnitten werden.

Bezugszeichenliste

- 1A Folie
- 1B Folie
- 2A Nuten
- 2B Nuten
- 3A Kanäle
- 3B Kanäle
- 4A Zwischenstege
- 4B Zwischenstege
- 5A Nutböden
- 5B Nutböden
- 6 Führungsbauteil
- 6A hintere Stirnfläche
- 6B hintere Stirnfläche
- 6C mittlerer Bereich
- 7A Zufuhrkammer
- 7B Zufuhrkammer
- 8 vordere Stirnfläche
- 9C Mischkammer
- 10 Seitenflächen
- 11 Seitenflächen
- 12 Sintermetallplatte
- 13 Rohfolie
- 14 Nuten
- 15 Deckplatte
- A' Fluide
- B' Fluide
- C' Reaktionsprodukt
- r<sub>1</sub> Krümmungsradius
- r<sub>2</sub> Krümmungsradius
- α<sub>1</sub> Bogenwinkel
- α<sub>2</sub> Bogenwinkel
- M Drehmittelpunkt

Patentansprüche:

1. Statischer Mikrovermischer mit einer Mischkammer und einem vorgeschalteten Führungsbauteil für die getrennte Zufuhr von zu mischenden oder zu dispergierenden Fluiden zu der Mischkammer, wobei  
das Führungsbauteil aus mehreren, plattenartigen, übereinandergeschichteten Elementen zusammengesetzt ist, die von je einer Reihe langgestreckter, benachbart zueinander verlaufender Kanäle durchzogen sind;  
dabei sind wenigstens zwei Arten von Elementen A und B vorgesehen, die abwechselnd übereinandergeschichtet sind und deren Reihen von Kanälen mit ihren an die Mischkammer angrenzenden Mündungen übereinander liegen und dort einen gemeinsamen Querschnitt bilden, wobei abwechselnd die Reihen von Kanälen der Elementart A zu einer Zufuhrkammer eines Fluids A' und die Reihen von Kanälen der Elementart B zu einer Zufuhrkammer eines Fluids B' führen, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
  - a) die plattenartigen Elemente A und B für das Führungsbauteil bestehen jeweils aus dünnen Folien (1A, 1B) mit einer Dicke von 30 bis 1000 µm, vorzugsweise < 250 µm, bei einer lateralen Ausdehnung im Millimeterbereich, in die je eine Schar benachbarter Nuten (2A, 2B) eingearbeitet sind, so daß beim Übereinanderschichten der Folien (1A, 1B) je eine Reihe von Kanälen (3A, 3B) für die Führung der zu mischenden Fluide A' und B' entsteht;
  - b) die Nuten (2A, 2B) haben Tiefen von < 1000 µm, vorzugsweise < 250 µm, Breiten von 10 µm bis in den Millimeterbereich, vorzugsweise jedoch < 500 µm, bei Wanddicken der Zwischenstege (4A, 4B) und Nutböden (5A, 5B) von < 1000 µm, vorzugsweise < 250 µm;
  - c) die jeweiligen Scharen von Nuten (2A, 2B) in den übereinandergeschichteten Folien 1A, 1B verlaufen jeweils bogenförmig gekrümmt und abwechselnd von der Mischkammer (9C) zu je einer Zufuhrkammer (7A, 7B) für das Fluid A' bzw. B' in der Weise, daß alle Scharen von

- 9 -

Nuten (2A, 2B) der Folien 1A, 1B parallel zueinander ausgerichtet in die Mischkammer (9C) ausmünden.

2. Statischer Mikrovermischer nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
  - a) die übereinandergeschichteten Folien 1A, 1B haben in der Draufsicht die geometrische Form eines Fünfecks, das durch ein Rechteck mit hieran angeschlossenem gleichschenkeligem Dreieck gebildet wird, wobei eine Seite des Rechtecks die Grundseite des gleichschenkigen Dreiecks bildet;
  - b) an die beiden von den Schenkeln des Dreiecks gebildeten Flächen (6A, 6B) sind die Zufuhrkammern (7A, 7B) für die Fluide A' bzw. B' und an die von der gegenüberliegenden Längsseite des Rechtecks gebildete Fläche (8) die Mischkammer (9C) angeschlossen,
  - c) die Schenkel (6A, 6B) des Dreiecks sind gegenüber seiner Grundseite so geneigt, daß die von der Mischkammer (9C) ausgehenden, von Folie (1A) zu Folie (1B) abwechselnd zu der Zufuhrkammer (7A) bzw. der Zufuhrkammer (7B) führenden bogenförmigen Nuten (2A, 2B) jeweils annähernd gleiche Längen aufweisen.
3. Statischer Mikrovermischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die übereinandergeschichteten Folien (1A, 1B) zu einem vakuumdichten und druckfesten Mikrostrukturkörper (6) miteinander verbunden, z. B. diffusionsverschweißt, sind, der an die Zufuhrkammer (7A bzw. 7B) und die Mischkammer (9C) angeschlossen ist.
4. Verfahren zur Herstellung der Folien nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
  - a) eine Rohfolie (13) wird mittels Unterdruck auf eine drehbare, geschliffene Metallsinterplatte (12) gespannt;
  - b) in die sich drehende Rohfolie (13) werden mittels einem Formdiamanten in einem mittleren Bereich der Rohfolie (13) zwischen deren Drehmittelpunkt (M) und deren Peri-

- 10 -

- pherie eine Schar konzentrischer Nuten (14) eingearbeitet;
- c) die Rohfolie (13) wird in vier Einzelfolien (1A, 1B) unterteilt in der Weise, daß durch zwei aufeinander senkrecht stehende, sich im Drehmittelpunkt (M) kreuzende Schnitte vier Segmente entstehen, und daß durch weitere Schnitte an jedem Segment vier deckungsgleiche Fünfecke gemäß Anspruch 2 gebildet werden.

1/2

Fig. 1

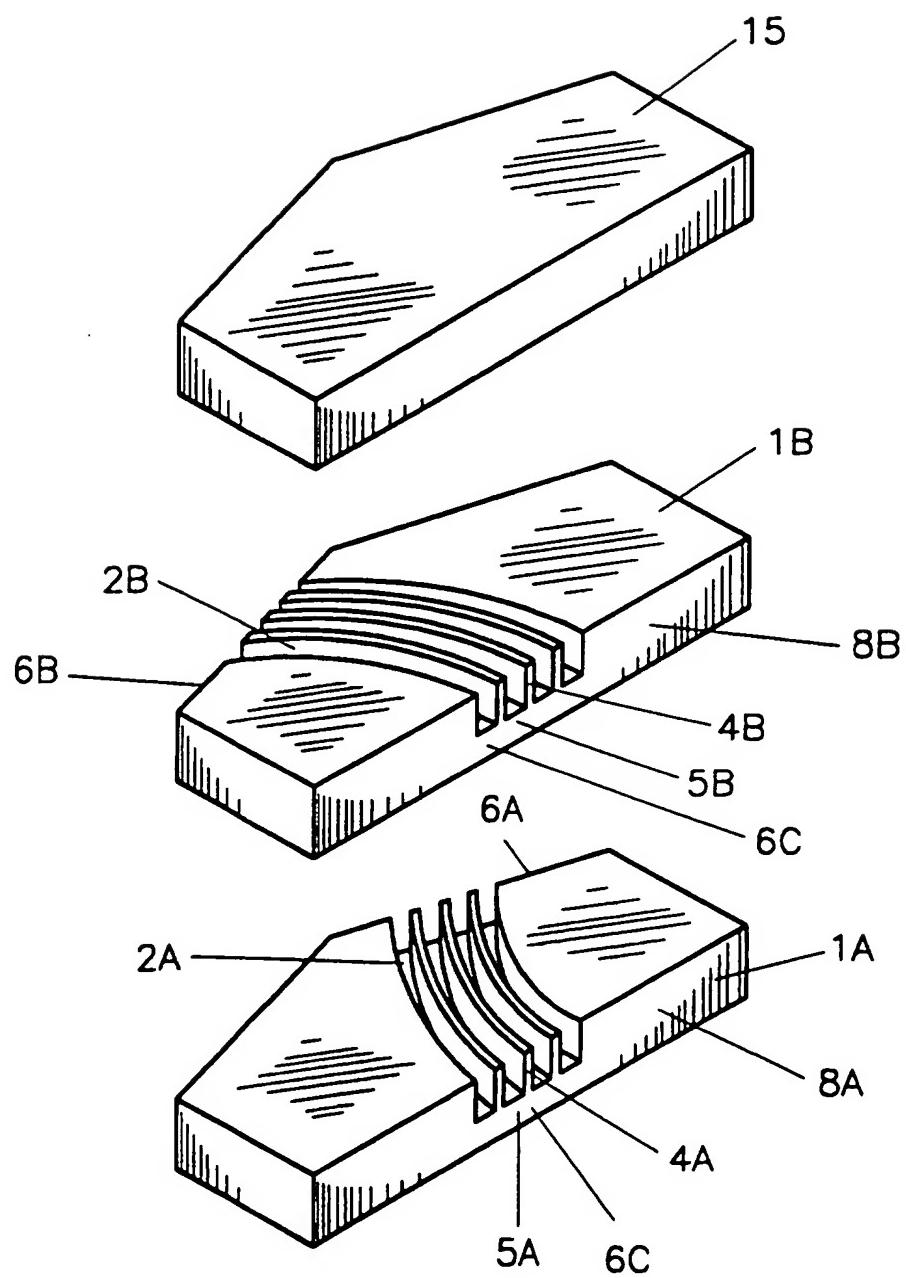


Fig. 2

2/2

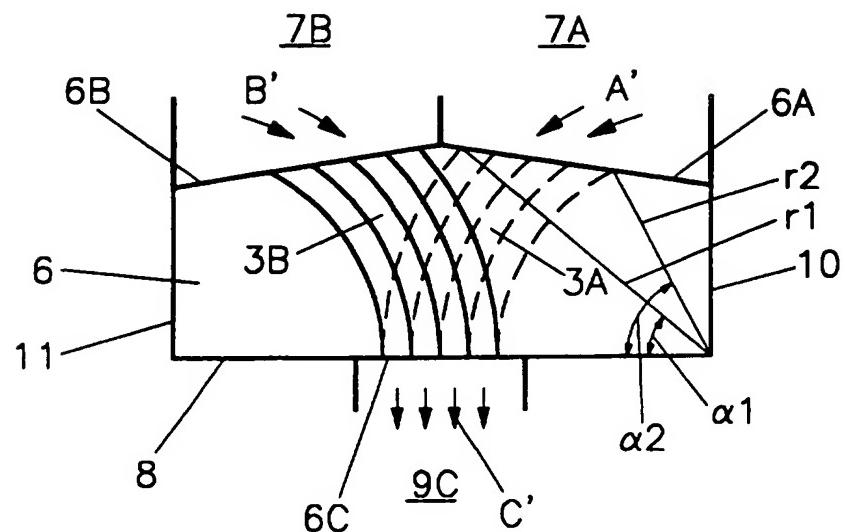
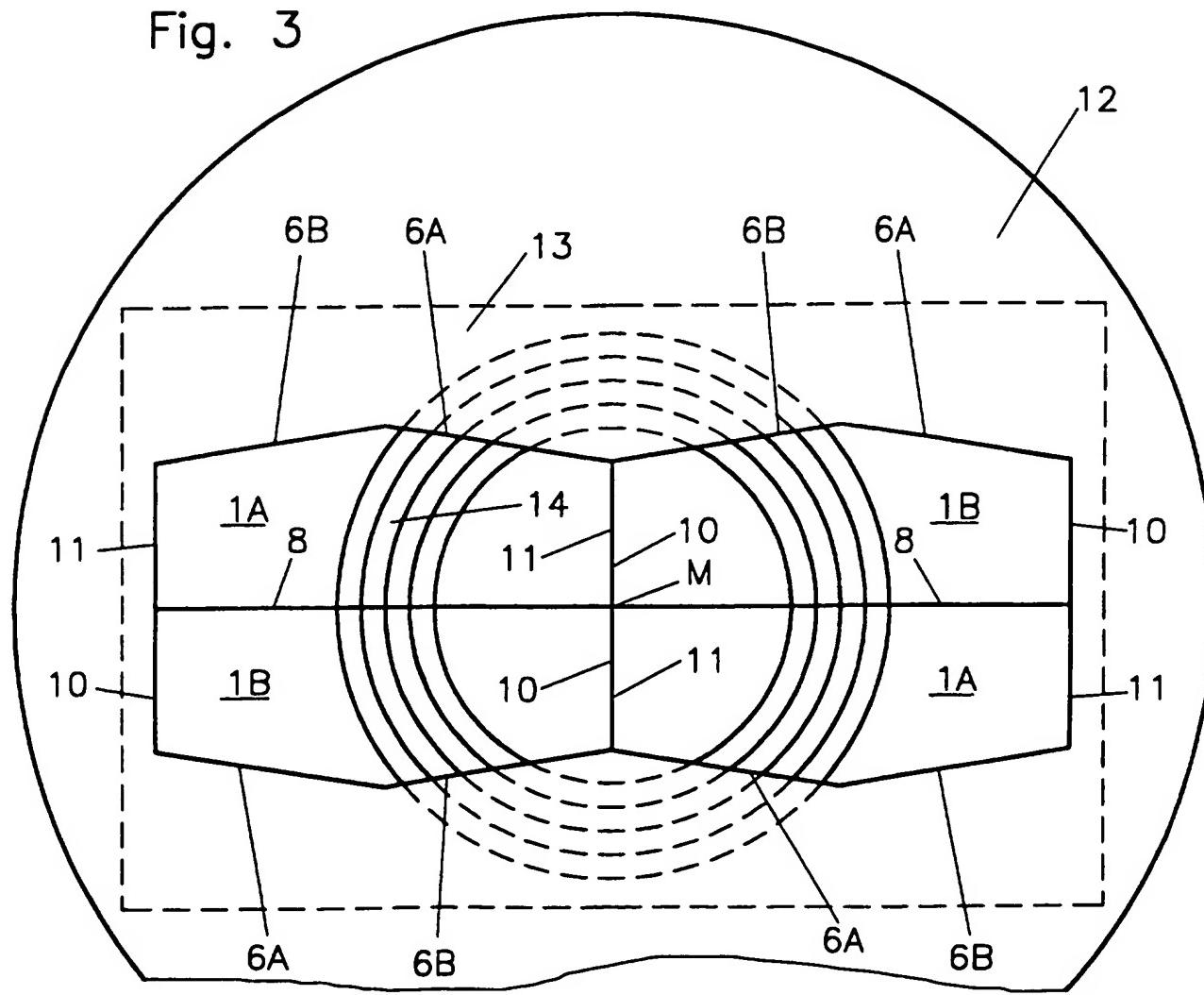


Fig. 3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte xnal Application No

PCT/EP 96/03162

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 6 B01F5/02 B01F5/06 B01J19/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 6 B01F B01J B01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A, P	WO,A,95 30476 (BAYER AG, FORSCHUNGSZENTRUM KALSRUHE GMBH) 16 November 1995 see the whole document ---	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 149 (C-118), 10 August 1982 & JP,A,57 071627 (TEIJIN LTD), 4 May 1982, see abstract ---	1
A	WO,A,94 21372 (E.I.DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY) 29 September 1994 see claims 1,21,28 ---	1,4
A	WO,A,91 16970 (GEBRÜDER SULZER AG) 14 November 1991 cited in the application see claims 1-12 ---	1
	-/-	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 October 1996

Date of mailing of the international search report

26.11.96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Cordero Alvarez, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No
PCT/EP 96/03162

## C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB,A,2 073 604 (AKTIEBOLAGET CARL MUNTERS) 21 October 1981 cited in the application see claims; figures & DE,A,31 14 195 cited in the application -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l	Application No
	PCT/EP 96/03162

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO-A-9530476	16-11-95	DE-A-	4416343	16-11-95
		DE-A-	4433439	21-03-96
		WO-A-	9530475	16-11-95
-----				
WO-A-9421372	29-09-94	US-A-	5534328	09-07-96
		AU-A-	6409794	11-10-94
		BR-A-	9405989	26-12-95
		EP-A-	0688242	27-12-95
		JP-T-	8508197	03-09-96
-----				
WO-A-9116970	14-11-91	EP-A-	0482145	29-04-92
		JP-T-	4506767	26-11-92
		US-A-	5320428	14-06-94
-----				
GB-A-2073604	21-10-81	SE-B-	432059	19-03-84
		DE-A-	3114195	28-01-82
		FR-A-	2480135	16-10-81
		JP-C-	1582172	11-10-90
		JP-B-	2005448	02-02-90
		JP-A-	56158134	05-12-81
		SE-A-	8002770	12-10-81
-----				

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 96/03162

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 6 B01F5/02 B01F5/06 B01J19/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprustoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole)  
IPK 6 B01F B01J B01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprustoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A,P	WO,A,95 30476 (BAYER AG, FORSCHUNGSZENTRUM KALSRUHE GMBH) 16.November 1995 siehe das ganze Dokument ---	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 149 (C-118), 10.August 1982 & JP,A,57 071627 (TEIJIN LTD), 4.Mai 1982, siehe Zusammenfassung ---	1
A	WO,A,94 21372 (E.I.DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY) 29.September 1994 siehe Ansprüche 1,21,28 ---	1,4
A	WO,A,91 16970 (GEBRÜDER SULZER AG) 14.November 1991 in der Anmeldung erwähnt siehe Ansprüche 1-12 ---	1
	-/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Taugkeit beruhend betrachtet werden
- \*'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Taugkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

1

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
29.Okttober 1996	26.11.96

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax. (+ 31-70) 320-2014

Bevollmächtigter Bediensteter

Cordero Alvarez, M

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte ~~ales~~ Aktenzeichen  
PCT/EP 96/03162

## C(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GB,A,2 073 604 (AKTIEBOLAGET CARL MUNTERS) 21.Oktober 1981 in der Anmeldung erwähnt siehe Ansprüche; Abbildungen & DE,A,31 14 195 in der Anmeldung erwähnt -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Inn  
nationales Aktenzeichen

PCT/EP 96/03162

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A-9530476	16-11-95	DE-A- 4416343 DE-A- 4433439 WO-A- 9530475	16-11-95 21-03-96 16-11-95
-----			
WO-A-9421372	29-09-94	US-A- 5534328 AU-A- 6409794 BR-A- 9405989 EP-A- 0688242 JP-T- 8508197	09-07-96 11-10-94 26-12-95 27-12-95 03-09-96
-----			
WO-A-9116970	14-11-91	EP-A- 0482145 JP-T- 4506767 US-A- 5320428	29-04-92 26-11-92 14-06-94
-----			
GB-A-2073604	21-10-81	SE-B- 432059 DE-A- 3114195 FR-A- 2480135 JP-C- 1582172 JP-B- 2005448 JP-A- 56158134 SE-A- 8002770	19-03-84 28-01-82 16-10-81 11-10-90 02-02-90 05-12-81 12-10-81
-----			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**